SINTEF

SINTEF Teknologi og samfunn
Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 73593000
Telefaks: 73592570

ts@sintef.no
www.sintef.no
Foretaksregister:
NO 948 007 029 MVA

Prosjektnotat

Policyanalyse av biokull som klimatiltak i norsk landbruk

VERSJON
1.0

DATO
2017-11-01

FORFATTER(E)
Markus Steen

OPPDRAGSGIVER
Forskningsrådet

OPPDRAGSGIVERS REF.
238850

PROSJEKTNR
102007172

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
13 + vedlegg

SAMMENDRAG
Med bakgrunn i Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene med 40 % innen 2030 relativt til utslipp i 1990. Avtalen omfatter både kvotepliktige og ikke-kvotepliktige sektorer, deriblant landbruket. Dette notatet vurderer muligheter og barrierer for bruk av biokull som klimatiltak i norsk landbruk. Biokull har potensiale til å bidra vesentlig til utslippsreduksjoner i norsk landbruk men står overfor en rekke barrierer, blant annet manglende sertifiseringsordning (som vil være nødvendig for at biokull kan inngå i det nasjonale utslippsregnskapet), umoden og kostbar teknologi, usikkerhet mht effekter på jord, og lavt kunnskapsnivå blant potensielle brukere. For å fremme biokull som klimatiltak i norsk landbruk anbefales det å innrette virkemiddelbruk særlig mot informasjons- og kommunikasjonsarbeid, sertifiseringsordning, demonstrasjons- og pilotprosjekter samt å skape nisjemarkeder eksempevis gjennom offentlige anbud.

UTARBEIDET AV
Markus Steen

SIGNATUR
Markus Steen

GODKJENT AV
Tore Nilssen

SIGNATUR
Tore Nilssen

PROSJEKTNOTAT NR
2

GRADERING
Åpen

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATION
DNV·GL
ISO 9001 = ISO 14001
OHSAS 18001

VISIT…

LANZAROTE
Caliente.COM

Innholdsfortegnelse

1 Innledning 3
1.1 Bakgrunn 3
1.2 Biokull i et innovasjonsperspektiv 3
1.3 Metode og kilder 4
1.4 Struktur 4

2 Biokull som klimatiltak i landbruket? 4
2.1 Nasjonale utslippsforpliktelser og landbruket 4
2.2 Biokull som klimatiltak 5
2.3 Biokull som miljøinnovasjon 6

3 Muligheter og barrierer 7
3.1 Utslippsregnskapet, karbonstabilitet og sertifisering 7
3.2 Umoden teknologi og verdikjeder 8
3.3 Kunnskap, interesse og incentiver 9
3.4 Kampen om virkemidlenes gunst 10

4 Oppsummering og anbefalinger 11

5 Referanser 12

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg A Intervjuguide

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

På bakgrunn av Paris-avtalen har Norge forpliktet seg til å redusere klimagassutslippene med 40 % innen 2030 relativt til utslipp i 1990. Avtalen omfatter både kvotepliktige og ikke-kvotepliktige sektorer. I tråd med avtalen skal 40 % tas i ikke-kvotepliktig sektorer, som omfatter blant annet jordbruk og transport. Spesifikke mål og planer for hvordan dette skal gjøres er imidlertid et stadig tilbakevendende forhandlingstema.

Dette notatet springer ut av Idélab-prosjektet "Capture+: Biokull som bærekraftig klimatiltak for nullutslippssamfunnet". Prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd (2014-2017) og har som hovedformål å undersøke mulighetene for biokull som verktøy for å oppnå et nullutslippssamfunn. Dette er gjort gjennom en tverrfaglig tilnærming til utvikling, analyse og implementering av biokull i jordbruk og landbruk.

Biokull er trekull som produseres av biomasse ved pyrolyse (oppvarming uten/med begrenset tilgang på oksygen) og har vært brukt som jordforbedringstiltak i ulike deler av verden i århundrer. Biokull har mange positive effekter på jord og bidrar påviselig til å øke avlinger i visse jordsmonn. De siste årene har biokull imidlertid fått betydelig oppmerksomhet som klimatiltak, som et bidrag til mer bærekraftig matproduksjon og som en måte å håndtere organisk avfall (Rittl, Arts, & Kuyper, 2015). Mens mange miljøinnovasjoner bidrar til å redusere eller eliminere karbonintensitet, kan biokull fungere som karbonlager. Det skjer ved at karbon i biomasse behandles (pyrolyse) slik at nedbrytning og oksidasjon av karbon med dannelse av CO_2 går betydelig saktere. Dermed tas karbonet ut av det naturlige karbonkretsløpet og kan deponeres eller pløyes ned i jorda. På den måten kan biokull bidra til å redusere mengden karbonholdige gasser i atmosfæren og redusere drivhuseffekten. Slike karbonnegative tiltak anses som helt nødvendige for å oppnå togradersmålet (MD, 2015).

1.2 Biokull i et innovasjonsperspektiv

Fra et innovasjonsperspektiv betraktes biokull i dette notatet som en nisjeteknologi (og da spesifikt miljøinnovasjon) som krever ulike former for støtte for videreutvikling og implementering dersom det skal kunne fungere som klimatiltak i landbruket. Innovasjon er forbundet med usikkerhet og risiko, og det er velkjent at de fleste miljøinnovasjoner støter på ulike typer barrierer. Gjennom målrettede virkemidler og policytiltak kan imidlertid slike barrierer reduseres eller elimineres. Dette krever imidlertid en god forståelse av de faktiske utfordringene som eksempelvis biokull står overfor. De sentrale spørsmålene som diskuteres i notatet er;

1) hva er de sentrale barrierene for at biokull kan fungere som et klimatiltak
2) hvilke virkemidler kan være egnet for å fremme biokull som klimatiltak i norsk landbruk.

Notatet fokusererpå biokull fra et innovasjonsperspektiv. Det tar utgangspunkt i at biokull *kan* bidra til betydelige kutt i utslipp fra norsk landbruk og at videre utvikling og implementering bør støttes. Et annet premiss er de verdiskapingsmulighetene som ligger i biokull, både gjennom positive økonomiske effekter for aktører i landbruket (f.eks ved økte avlinger, redusert behov for gjødsel) og i form av teknologiutvikling som kan skape produkter (pyrolyseovner mm.). Notatet baseres ikke på økonomiske analyser av kostnader ved biokull som klimatiltak eller sammenligninger av biokull med øvrige klimatiltak i landbruk (for dette, se Thomassen et al., 2017 og Pettersen, Grønlund, Stengsgård, og Walland, 2017).

Notatet argumenterer for at støtte til biokull i første omgang bør fokusere på kunnskapsutvikling, informasjon til potensielle brukere og andre interessenter (bl.a. politikere, virkemiddelapparat), samt demonstrasjonsprosjekter. Den store variasjonen i potensielle innsatsfaktorer (ulike typer biomasse, pyrolysebetingelser) og tilgang på/valg av disse i ulike deler av landet gjør at biokull ikke kan forstås som et ensartet produkt. Ulike typer biomasse gir ulike verdikjeder og effekter på jordsmonn, som igjen avhenger av variasjoner i jordtyper mm. Dette tilsier at demonstrasjonsprosjekter bør gjennomføres i ulike geografiske kontekster og i forskjellig skala. Biokull bør imidlertid ikke vurderes som et klimatiltak alene; et sentralt

argument er at det er i kombinasjon med øvrige potensielle positive egenskaper (jordforbedring, økt dreneringsevne, redusert gjødselforbruk, økte avlinger etc.) at biokull trolig har størst potensiale for å kunne bli et klimatiltak som monner for norsk landbruk.

1.3 Metode og kilder

Notatet er basert på kvalitativ metode i form av intervju, dokumentstudier og deltakelse på et biokullseminar. Intervjuer (se vedlegg A for intervjuguide) og kortere samtaler med ulike aktører i norsk landbruk og miljøorganisasjoner o.l. med kjennskap til biokull og landbrukets rammebetingelser:

- Johan Ellingsen, seniorrådgiver, Norges Vel
- Svein Guldal, prosjektleder miljø, klima og ny energi, Bondelaget
- Kato Nykvist, politisk redaktør, Nationen
- Maria Malene Kvalevåg, sjefingeniør, Miljødirektoratet
- Jon Magnar Haugen, seniorrådgiver, Landbruksdirektoratet,
- Solveig Glomsrød, seniorforsker, CICERO
- Trine Kopperud, assessment services manager – Nordics, DNV GL
- Jan Egil Gjerseth, seksjonsleder, Sandnes kommune
- Otto Sveen, rådgiver, Norsk landbruksrådgivning Øst

For det andre dokumenter om norsk klimapolitikk og –tiltak generelt og landbruket spesielt, blant annet:

- Klima- og forurensingsdirektoratet 2010 *Klimakur 2020 - Sektorrapport jordbruk. Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra jordbrukssektoren*
- Bioforsk 2014 *Klimagasser fra jordbruket. Kunnskapsstatus om utslippskilder og tiltak for å redusere utslippene*
- Landbruk og klima – utredning fra arbeidsgruppe (2016)
- Miljødirektoratet 2016 *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030. Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*.
- Nærings- og fiskeridepartementet 2016 *Kjente ressurser – uante muligheter. Regjeringens bioøkonomistrategi*
- Landbruks- og matdepartementet 2016 *Endring og utvikling. En Fremtidsrettet jorbruksproduksjon*. Meld. St. 11 (2016-2017)
- NIBIO 2017 *Klimatiltak i norsk jordbruk og matsektor. Kostnadsanalyse av fem tiltak*

For det tredje deltakelse på "Norsk biokull seminar: Veien videre for implementering av biokull som klimatiltak" i regi av Capture+ og Norges Vel i Oslo, 10 oktober 2016, samt Capture+ demonstrasjonsdag av pyrolyseanlegget på Skjærgården gartneri i Åsgårdstrand 14 juni 2017.

1.4 Struktur

Notatet har fire deler. I neste del presenteres kort bakgrunnen for biokull som klimatiltak. Dernest presenteres og diskuteres funn med henblikk på muligheter og barrierer for biokull som klimatiltak. Avslutningsvis presenteres anbefalinger om ulike policytiltak for å fremme biokull som klimatiltak.

2 Biokull som klimatiltak i landbruket?

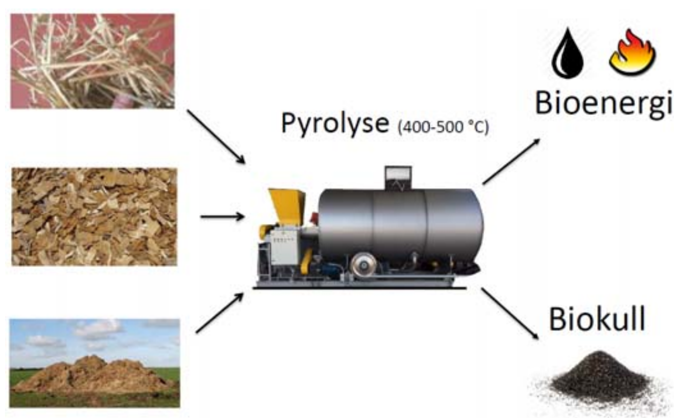
2.1 Nasjonale utslippsforpliktelser og landbruket

En vesentlig del av de reduksjonene i klimagassutslipp som Norge må gjennomføre for å oppnå forpliktelsene i Paris-avtalen må skje i ikke-kvotepliktig sektor, hvor veitransport/samferdsel og jordbruk er de sektorene med størst utslipp (KMD, 2015). Foreløpig er det imidlertid uklart hvorvidt alle ikke-kvotepliktige sektorer får samme utslippskrav (f.eks 40 %). I internasjonale klimaforhandlinger inngår

skogbruk og jordforvaltning i den såkalte LULUCF[1]-sektoren. Til forskjell fra andre sektorer er LULUCF-sektoren både opphav til klimagassutslipp og karbonlager (dvs. har potensiale for karbonnegative tiltak). Skog er den viktigste arealkategorien for opptak av klimagasser i Norge, og er ventet å være det også i årene framover. Imidlertid forventes det redusert opptak av klimagasser i skog, primært grunnet uttak av skog som blir moden for hogst de neste tiårene (Søgaard et al., 2015).
I 'Klimakur 2020 – Sektorrapport jordbruk' (KLIF 2010) beskrives ti klimatiltak for norsk jordbruk, deriblant produksjon og lagring av biokull i jordbruksjord. I rapporten er det beregnet at dersom all tilgjengelig halm[2] utnyttes til biokull kan det gi en total utslippsreduksjon på ca. 850 000 tonn CO_2 som karbonlagring og erstatning av fossilt karbon. I Meld. St. 11 (2016-2017) heter det (s. 145) at "tilførsel av biokull er det tiltaket som antas å ha størst potensial for økning av karboninnholdet ved åkerdyrking, men krever teknologiutvikling og bredere utprøving i Norge." I Meld.St. 6 (2016-2017) Verdier i vekst – Konkurransedyktig skog- og trenæring[3] nevnes imidlertid biokull kun i forbindelse med biodrivstoff, altså som erstatning for fossilt karbon i industrielle prosesser.

2.2 Biokull som klimatiltak

Biokull dannes naturlig ved skogbranner men kan også produseres ved styrte prosesser. I kontrollerte pyrolyseprosesser varmes biomassen opp til 400-500 grader ved lav tilførsel av oksygen, og gjennom prosessen omdannes ca. 50 % av karbonet til biokull, 30% til bioolje og 20% til ulike gasser.[4]
Biokull kan implementeres i ulike målestokker, og produksjonsanlegg vil da variere mht teknologi (skala), innsatsfaktorer (biomasse), infrastruktur og logistikk.



Figur 1 Verdikjeden for biokull. Kilde: O'Toole 2017

Biomassen som er aktuell for produksjon av biokull er primært det som regnes som restråstoff fra jord- og skogbruksvirksomhet, dvs. halm, kvist, røtter o.l.[5] Normalt pløyes slike restprodukter i Norge ned i jorden eller blir liggende igjen i skogen, hvor karbonet raskt oksideres til CO_2 og går tilbake til atmosfæren. Ved omdanning (gjennom pyrolyse) av biomassen til biokull forhindrer man at karbonet brytes ned og oksideres. Siden biokull er stabilt (i betydning mikrobielt nedbrytbart) kan det bidra til effektiv karbonbinding i lang

[1] LULUCF = land use, land-use change, forestry (arealbruk, arealbruksendringer og skogbruk). Uttrykkes brukes i internasjonale klimaforhandlinger om karbonbinding og frigivelse av karbon til atmosfæren som følge av menneskeskapte endringer i vegetasjonsdekket.
[2] Halm: det som er igjen når kornet er tresket. Består nesten kun av cellulose og har liten næringsverdi.
[3] https://www.regjeringen.no/contentassets/ddf3f9c3c3644672baa26d5d46daf543/no/pdfs/stm201620170006000dddpdfs.pdf
[4] Syngasser, dvs. blandinger av primært CO_2, CO og CH_4. Pyrolyse ved høyere temperaturer resulterer i mer bioolje og gasser og mindre biokull.
[5] Biokull som skal brukes som jordforbedringsmiddel kan i prinsippet lages av alle typer biomasse, forutsatt lavt innhold av tungmetaller.

tid. Dette betyr at biokull kan bidra til at CO_2 trekkes mer eller mindre varig ut av atmosfæren.[6] Lal (2010) beregner at nedpløying av biokull (globalt) kan bidra til at atmosfærisk CO_2-nivå reduseres med 50 ppm[7] innen utgangen av det 21 århundret. Andre positive effekter av utstrakt bruk av biokull er blant annet større avlinger, mindre erosjon og utvasking, høyere effektivitet av andre innsatsfaktorer (gjødsel, irrigasjon mm.), redusert forurensing og økt biodiversitet i jorda (Barrow, 2012).

Biokull kan som fossilt kull forbrennes. Det betyr at biokull kan erstatte fossilt kull i kraftverk eller i andre industrielle sammenhenger (eksempelvis i ferrolegeringsindustrien) hvor fossilt kull brukes. Ifølge Schmidt og Wilson (2014) har biokull en lang rekke bruksmuligheter. Dette skyldes unike egenskaper hva gjelder biokullets evne til å holde på vann og næringsstoffer, termiske og elektriske egenskaper, samt som habitat for mikroorganismer. De påpeker at "med så mange ulike egenskaper vil biokull ha mange bruksområder, men funksjonen alle bruksområder har til felles (med unntak av forbrenning) er karbonlagring" (min oversettelse). Woolf, Amonette, Street-Perrott, Lehmann, og Joseph (2010) sammnligner klimaeffekten av å bruke biomasse til biokull/nedpløying med å bruke biokull til bioenergi/energiformål, og konkluderer med at biokull som nedpløyes vil kunne ha mye større effekt på begrensing (mitigation) av klimaendringer.

I Norge er produksjon av biokull til landbruksformål på et tidlig stadium. Selskapet Arba Follum AS planlegger produksjon av 200 000 tonn biokull (engelsk "biocoal" som da betegner biokull som forbrennes, mens "biochar" er biokull som brukes til andre formål) for europeiske kullkraftverk per år, der biokullet vil erstatte fossilt kull. Dette vil gi en antatt utslippsreduksjon på 90 % i kraftproduksjon. Selskapet Biozin (et datterselskap i Bergene Holm-gruppen) har planer om å etablere fem fabrikker for produksjon av annengenerasjons biodrivstoff. Teknologien som vil benyttes baseres på pyrolyse og katalyse, med biokull som biprodukt (TU.no, 2017).

Norges første produksjonsanlegg for biokull til landbruk er nå etablert på Skjærgaarden Gartneri i Vestfold. Dette er et demonstrasjonsanlegg for Capture+-prosjektet. I Norge er det til nå gjennomført enkelte forsøk på nedpløying av biokull, blant annet på Ås og i Sør-Odal. Resultatene fra disse forsøkene viser at biokullet er stabilt i jord og påvirker flere jordegenskaper positivt. I en nylig publisert forskningsartkkel konkluderer Rasse et al. (2017) med at biokull brytes sakte ned og blir værende i > 100 år i norsk jord.

Forsøk i andre deler av verden, og da særlig i Asia og Afrika (se f.eks Cornelissen et al. 2013), har påvist tildels svært positive effekter av biokull på avlinger, gjødselsbehov mm. Ifølge Clare, Barnes, McDonagh, og Shackley (2014) er Kina i front hva gjelder eksperimentering med produksjon og anvendelse av biokull i landbruk. De finner imidlertid at gårdsbasert (små- og mellomstor skala) produksjon av biokull har betydelige kostnader som gjør at utstrakt bruk neppe er sannsynlig, i alle fall ikke med dagens løsninger.

Otte og Vik (2017) studerer biokull fra et 'systemperspektiv', der det arumenteres med at det må etableres 'systemer' rundt biokullteknologien for at den skal utvikles videre og implemteres. De mener at en viktig årsak til at fungerende "biokullsystemer" ennå ikke er implementert, til tross for påviselige positive effekter, er at hovedfokus både i forskning og policyutforming har vært på teknologi, og at institusjonelle og organisatoriske dimensjoner ikke er tilstrekkelig hensyntatt. Behovet for å forstå ny teknologi fra et sosio-teknisk perspektiv er særlig relevant når det gjelder miljøinnovasjoner som biokull.

2.3 Biokull som miljøinnovasjon

En lang rekke studier av bærekraftige transformasjoner (f.eks overgang fra fossil til fornybar energi) har vist at miljøinnovasjoner krever ulike former for støtte og at de gjerne utvikles og implementeres via nisjemarkeder eller begrensede applikasjonsområder (Markard, Raven, & Truffer, 2012).

Med miljøinnovasjon menes nye produkter eller prosesser som bidrar til å redusere klimagassutslipp eller andre miljøutfordringer. All innovasjon eller nyskaping har utfordringer. Det er imidlertid velkjent at

[6] I tillegg til lagring av biokull i kord kan negative klimagassutslipp fra landbrukssektoren skje ved storskala skogplanting eller bioenergi kombinert med fangst og lagring av CO_2 (BECCS – bio-energy carbon capture and storage). Se: https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/nasjonalt-miljoprogram/_attachment/51397?_ts=153085bb830&download=true

[7] Ifølge IPCC må karbonkonsentrasjoner i atmosfæren holdes under 450 ppm (parts per million) for å unngå mer enn 2C oppvarming.

miljøinnovasjon utfordres av det Beise og Rennings (2005) kaller "double externality"-utfordringen. Med dette menes at på den ene siden så tar den aktøren eller de aktørene som står bak nyskapingen risiko og kostnader, mens fruktene (f.eks reduserte klimagassutslipp) høstes av samfunnet (forutsatt at det er fravær av belønning for miljøinnovasjonen). Dette reduserer viljen til miljøinnovasjon, og betyr at teknologier som er i en tidlig utviklingsfase må stimuleres gjennom ulike virkemidler som i sum gir fruktbare vilkår og rammer for teknologiutvikling. Ofte holder det imidlertid ikke med å utvikle teknologi (jf. Otte & Vik 2017): det må bygges 'systemer' rundt ny teknologi. Med systemer menes her sett eller strukturer av aktører, institusjoner (formelle regler, praksis mm.) og verdikjeder. På tvers av ulike aktører må det så foregå 'systemutvikling' ved at det utvikles ny kunnskap, delte erfaringer og felles forståelser av hva teknologien kan brukes til (og ikke).
Typiske utfordringer for miljøinnovasjoner er for det første at ny teknologi ikke passer inn i en kontekst de skal brukes i, eller at ny teknologi har lav virkningsgrad eller ikke fungerer optimalt sammenlignet med mer etablerte løsninger. En annen utfordring er manglende kunnskap, både blant virkemiddelutformere, investorer, brukere og andre. Manglende kunnskap skaper høy usikkerhet og risiko, og kan handle om alt fra kunnskap om teknologi til kunnskap om faktiske implementeringsmuligheter og markedsetablering. Markedssvikt er en klassisk utfordring for miljøinnovasjon og er hovedårsak til eksempelvis bruk av subsidier til fornybar energi. Det å legitimere nye løsninger eller teknologier er en annen barriere miljøinnovasjoner står overfor. Umoden teknologi kan konkurrere med etablerte løsninger og sånn sett bli møtt av barrierer skapt av aktører som har liten interesse av at *status quo* utfordres. Manglende legitimering kan videre skyldes at teknologien er beheftet med så stor grad av usikkerhet (ift. eksempelvis virkningsgrad, miljøgevinster) at de ikke får støtte blant brukere eller politikere.
En annen velkjent utfordring for miljøinnovasjoner er at de hindres av 'innkapslinger' ('lock-ins') i eksisterende bransjer. Landbruket er imidlertid nå under økende press for å oppnå utslippsreduksjoner, og det interessante med (spesielt) biokull er at det som et karbonnegativt tiltak har potensiale til å bli en viktig del av den globale løsningen. Merk at et sentralt premiss i så fall legges til grunn: dagens landbruk er ikke bærekraftig på sikt. Sentrale spørsmål blir da: innen hvilke segmenter er det størst *behov* for tiltak, og innen hvilke segmenter er det størst *mulighet* for tiltak? Her vil det åpenbart være høyst ulike synspunkt, og heller ikke alle vil være med på premisset om at dagens landbruk ikke er bærekraftig.
Dersom man legger et bredt perspektiv på miljøinnovasjon til grunn – et perspektiv som dekker både teknologi, produkt, prosess og implementering – så finnes det en rekke ulike virkemidler som kan benyttes for å fremme en "ny" teknologi som biokull. I litteraturen vektlegges at bærekraftig omstilling krever systemisk policy-tilnærming. Det innebærer at ulike former for "techology push" og "market pull"-instrumenter gjerne må kombineres, samtidig som såkalte systemiske barrierer adresseres. Med systemiske barrierer menes eksempelvis støtteordninger som opprettholder produksjon som ikke er bærekraftig.

3 Muligheter og barrierer

3.1 Utslippsregnskapet, karbonstabilitet og sertifisering

I Klimakur 2020's sektorrapport for jordbruk (KLIF, 2010) pekes det på at utslippsreduksjoner i forbindelse med biokulltiltak ikke krediteres med gjeldende beregningsmetodikk i det nasjonale utslippsregnskapet og at dette er en sentral barriere. Arbeidsgruppen for landbruk og klima påpeker også at det er "viktig at det utvikles regneregler i klimaavtaleverket som krediterer alle karbonnegative bidrag".[8]
Implementering av biokull som klimatiltak forutsetter en sertifiseringsordning hvor karboninnhold mm. måles etter spesifiserte metoder. Hvor stabilt karbonet i biokullet er og hvilke øvrige egenskaper det har (inkl. evt. forurensinger fra biomasse) og dermed påvirkning på jordsmonn vil være viktige faktorer som omfattes av sertifiseringsordningen. Slik sertifisering (eller standardisering) vil også være avgjørende for utvikling av større markeder for biokull (Van Laer et al., 2015). Dersom biokull var omfattet av

[8] https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/jordbruk-og-miljo/nasjonalt-miljoprogram/_attachment/51397?_ts=153085bb830&download=true s. 13

kvotehandelsordningen (ETS) i EU og/eller den grønne utviklingsmekanismen (CDM) under Kyoto-protokollen, så ville det naturligvis gi helt andre forutsetninger for å implementere biokull som klimatiltak. Det er altså vanskelig å se for seg innføring av biokull som klimatiltak i stort omfang uten en sertifiseringsordning og innlemmelse i en nasjonal ordning. Alternativ finansieringsstrategier er frivillige klimakvoter, men disse har imidlertid ikke vært noen suksess så langt i Norge[9] og det er tvilsomt om det vil fungere i biokullsammenheng. En annen mulighet er lokale kvoteordninger, en type 'folkefinansierte' løsninger som det nå pågår ulike forsøk på å initiere.[10]
Per dags dato finnes det ingen sertifiseringsordninger for biokull som klimatiltak som er godkjent av nasjonale[11] eller overnasjonale myndigheter. Både European Biochar Foundation (EBF) og International Biochar Initiative (IBI) har imidlertid utviklet standarder som klassifiserer biokull iht til ulike egenskaper eller verdier, deriblant karbonlagringsverdi, gjødselsverdi, kalkverdi, og partikkelstørrelsesfordeling.[12] IBISs 'Methodology for Emissions Reductions from Biochar Projects' ble imidlertid (i 2015) ikke godkjent av American Carbon Registry (ACR).[13] EBFs sertifiseringsordning er lansert som en frivillig industristandard som skal sikre bærekraftig biokullproduksjon og trygg anvendelse i jordbrukssammenheng. I EU pågår det nå arbeid med å utforme en ny gjødselforskrift som inkluderer organisk gjødsel, med bakgrunn i økt oppmerksomhet mot sirkulær økonomi. En slik forskrift vil omfatte biokull[14] og bruk av biokull i jordbruket og ha stor betydning for storskala bruk. Som påpekt av Van Laer et al. (2015) så vil hvorvidt biokull defineres som avfall eller produkt påvirke hvilke juridiske utfordringer det møter.
Mer generelt kan man si at sertifisering vil være helt avgjørende for *legitimering* av biokull som klimatiltak. Legitimering handler på den ene siden om at det utvikles (sosial) aksept for en teknologi eller løsning, som så kommer til syne i regelverk o.l. På den andre siden handler legitimering om at sentrale aktører og premissleverandører framsnakker eksempelvis biokull som et fornuftig tiltak. Riktignok synes det å være bred enighet om hvilket potensiale biokull har som klimatiltak, men i de foreliggende rapportene/utredningene hvor biokull er tema i større eller mindre grad er det i så måte et relativt stort spenn i hvor stor 'legitimitet' biokull har. I et felles innspill ("Veikart 2050 fra landbruk, mat og drikkenæringen til utvalget for grønn konkurransekraft") ved Norsk Landbrukssamvirke, NHO Mat og Drikke og Norges Bondelag til Regjeringens ekspertutvalg for grønn konkurransekraft nevnes for eksempel ikke biokull med ett eneste ord. I "Veikart for grønn konkurransekraft for skog- og trenæringen" (ved bl.a. Nobio, Norges Skogeierforbund) nevnes biokull som klimatiltak/jordforbedringsmiddel, men også som fast biobrensel.

3.2 Umoden teknologi og verdikjeder

Til tross for at biokullanlegg er tilgjengelige kommersielt er produksjonsteknologien for biokull ennå relativt umoden. Utvalget av kommersiell pyrolyseteknologi som kan kjøpes i dag er svært begrenset. Videre teknologiutvikling og tilvekst av flere pyrolyseovnsprodusenter og –leverandører vil være viktig for kostnadsreduksjoner. Dette påpekes også av Grønlund og Harstad (2014, 37), som hevder at "den største flaskehalsen for biokull som klimatiltak er trolig kostnadene. Utvikling av pyrolyseanlegg med stor kapasitet som kan drives med lave kostnader er en forutsetning for at biokull kan bli et kostnadseffektivt klimatiltak." Også i internasjonale studier av biokull framheves umoden teknologi som en betydelig barriere (Latawiec et al., 2017; Schmidt & Wilson, 2014).
Fra et brukerperspektiv innebærer umoden teknologi betydelig usikkerhet med hensyn til kostnader og effektivitet. Denne usikkerheten kommer da i tillegg til den risikoen som manglende sertifiseringsordning utgjør. Erfaringen fra demonstrasjonsprosjektet på Skjærgaarden Gartneri i regi av Capture+, hvor pyrolyseovnen ble importert fra Australia, har sågar vist at pyrolyseovner til dette formålet ikke er

[9] http://e24.no/energi/total-flopp-for-klimakvotene-to-av-tre-legger-ned-salget/22664738
[10] Se f.eks prosjektet Coolcrowt i regi av Norsk senter for bygdeforskning: http://www.bygdeforskning.no/forskning/coolcrowd-paa-vei-mot-et-lavutslippssamfunn-med-lokal-folkefinansiering-en-mulighetsstudie-av-lokal-folkefinansiering-av-klimatiltak-som-et-aktuelt-konsept-i-norge
[11] I Australia er det nylig (oktober 2017) lagt fram et forslag til metode for sertifisering av biokull.
[12] For oversikt og sammenligning se http://www.european-biochar.org/biochar/media/doc/IBI-EBC.pdf
[13] http://www.biochar-international.org/protocol
[14] https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2016/juni/ny-gjodselforordning/id2512495/

hyllevareteknologi som er klar til bruk. Snarere må ovner tilpasses den spesifikke konteksten de skal inngå i og den biomassen som skal pyrolyseres. Oppsett og tilpasning av drift vil dessuten bero på den praktiske settingen og økonomiske konteksten pyrolyseovnen inngår i. Dette vil blant annet bero på størrelse på anlegg m.m.

En annen sentral side ved pyrolyseovnene er restproduktene (jf. 2.2), altså olje og gasser (her: biprodukter). Flere informanter påpeker at det å få økonomi i biokullproduksjon samt interesse vil bero på om også disse ressursene kan utnyttes på en økonomisk bærekraftig måte. Når det gjelder biprodukter vil forhold som størrelse på anlegg, muligheter for samarbeid med andre, nærhet til potensielle sluttbrukere eller større innkjøpere være viktige faktorer.

Det er dessuten flere som hevder at biokull pga dets egenskaper har mange bruksområder og bør inngå i flere verdikjeder. For eksempel mener Schmidt og Wilson (2014) at biokull (pga. egenskapene) er alt for verdifullt til å simpelthen pløyes i jorda uten at det har minst ett annet bruksområde først. De nevner eksempelvis filtrering av drikkevann, sanitering av avfall og bruk av biokull som komposteringsagent. Alle disse bruksområdene er godt dokumenterte historiske. Mer moderne bruksområder inkluderer bruk av biokull i funksjonell bekledning, til isolasjon i bygninger, som karbonelektroder i superkondensatorer for energilagring, i matemballasje, vannrensing, luftrensing osv. Ideelt sett bør biokull brukes i ulike verdikjeder, hvor siste bruksområder er ifm avfallsrensing og deretter kompostering og jordforbedringsmiddel.[15]

Selv om slike 'systemer' av verdikjeder nok er langt fram, er det viktig å være klar over at biokullets ulike bruksområder potensielt kan gi kamp om produktet. Dette kommer til uttrykk i eksempelet over, og i Norge eksempelvis til syne i Skogeierforbundets innspill[16] til regjeringens bioøkonomistrategi, hvor biokull da inngår i industrielle verdikjeder hvor de erstatter fossilt kull snarere enn som klimatiltak i landbruket. Slik forbrenning vil kunne redusere klimagassutslipp fra industrielle prosesser, men ikke bidra til karbonfangst- og lagring (negative utslipp). Samtidig vil bruk i eksempelvis ferroindustrien kreve en ren type biokull med lavt askeinnhold. Biokull med høyt askeinnhold er imidlertid svært gunstig når biokull skal brukes til jordforbruk (pga. næringsstoffer i aske). Biokull til karbonbinding i jord kan i så måte utnytte andre og rimeligere råmaterialer enn de som kreves for å benytte biokull i industrielle sammenhenger.

En mer generell utfordring for biokull som flere informanter peker på er konkurranse om biomasse til ulike formål (bioenergi og bioøkonomi i bred forstand). Utfordringen er ikke tilgang på biomasse per se, men tilgang på biomasse av god kvalitet, i tilstrekkelige volum og som er tilgjengelig på en måte som muliggjør kostnadseffektiv logistikk og produksjon. Slik biomasse vokser bare delvis på trær. Gitt at biomasse har mange viktige (nye, potensielle) bruksområder blir en sentral utfordring for videre arbeid med biokull derfor å etablere et bedre grunnlag for å vurdere hvilke typer biomasse som bør inngå i hvilke typer (biobaserte) verdikjeder, så også til biokull. Til dette hører også vurdering av markeder for biokull, gitt at skalafordeler kan muliggjøre produksjon av større volum biokull. For eksempel har forsøk vist at biokull kan erstatte torv som substrat i jord[17], og i Stockholm er biokull produsert av hageavfall brukt med stort hell ifm. (urbane) parker og grøntanlegg.[18]

3.3 Kunnskap, interesse og incentiver

På generelt grunnlag kan man si at aktører må ha både incentiver og muligheter for å ta i bruk mer miljøvennlig teknologi eller implementere løsninger som kan bidra til et mer bærekraftig landbruk. Mens muligheter handler om de ressurser aktører disponerer for å utvikle/implementere nye løsninger eller teknologier, handler incentiver om hva implementering av ny teknologi kan gi i form av besparelser,

[15] Dersom biokull brukes for rensing av eks metal eller chemical contamination kan det medføre at det blir uegnet for matjord, og må da resirkuleres på annet vis.

[16] http://135851-www.web.tornado-node.net/wp-content/uploads/2016/05/Bio%C3%B8konomibrevet-2015.pdf

[17] https://www.mattilsynet.no/planter_og_dyrking/okologisk/landbruk/norsok_alternativer_til_torv_som_substrat_i_oppalsjord_2017.26151/binary/Nors%C3%B8k:%20Alternativer%20til%20torv%20som%20substrat%20i%20oppalsjord%202017

[18] http://www.citylab.com/cityfixer/2016/12/stockholm-throw-out-old-christmas-trees-biochar-environment/511196/

kostnadsfordeler, større avlinger etc. Interessen blant potensielle 'brukere' av biokull, i denne sammenheng bønder og skogbrukere, vil påvirkes av hvor mye og hvilken kunnskap de har om biokull. I en spørreundersøkelse blant norske bønder fant P. Otte og Brobakk (2016) at norske bønder generelt sett har liten eller ingen kjennskap til biokull. Videre fant de at norske bønder har begrenset interesse av biokull som klimatiltak ved at karbonnivået i jorda økes. De to potensielle fordelene av biokull som fikk høyest "score" var forbedret effekt av kunstgjødsel og økte avlinger/biomasseproduksjon. På spørsmål om hvilke faktorer som kan bidra til at biokull vurderes brukt på eget bruk var de faktorene som fikk flest responser "økt kunnskap om bruk og effekt" (ca. 70 % av respondentene), "så lav kostnad det går innei en positiv merverdi gjennom økte avlinger (tilskudd uberegnet)" (ca. 55 %) og at "teknologien blir lett tilgjengelig" (ca. 40 %). Relativt lave score på faktoren "at jeg får kompensasjon for å binde karbon i jorda" (ca. 30 %) og særlig "at jeg kan selge klimakvoter" (ca. 8 %) tilsier at brukerne i dette tilfellet ikke synes spesielt opptatt av biokull som klimatiltak, i hvert fall ikke alene. Når det gjelder det siste må det imidlertid tilføyes at usikkerhet rundt pris på klimakvoter nok påvirker responsen på dette spørsmålet.

På spørsmål om innføring av klimakvoter i landbruket og innføring av et marked der bønder eksempelvis kan selge kvoter dersom de gjennomfører tiltak som binder karbon mener i underkant av 20 % at det er en mulighet de vil benytte seg av, mens ca. 42 % mener det er en "dårlig ide". Ca. 32 % er usikre mens ca. 7 % ikke ville benyttet seg av det selv om de mener ideen er god. Hovedfunnene i denne spørreundersøkelsen er dermed at kunnskapen om biokull blant norske bønder er lav og at det er økte avlinger og bedre effekt av gjødsel (reduserte innsatsfaktorer) som evt. vil være de sterkeste incentivene til å ta i bruk biokull, snarere enn karbonbinding. Disse funnene styrkes av intervjuene gjennomført for dette notatet.

Internasjonale studier har gitt lignende funn. I en studie av 'karbodyrkingspraksiser' i Australia fant Dumbrell et al. (2016) at bønder var generelt lite interessert i biokull, og at det blant annet skyldtes at biokull ikke uten videre passet inn i etablert praksis. I Polen gjorde Latawiec et al. (2017) lignende funn; generelt sett hadde bøndene i denne studien liten kunnskap om biokull, og sosiale og kulturelle faktorer framheves som 'sentrale barrierer' som må forstås og adresseres (i tillegg til økonomiske, ressursmessige og teknologiske barrierer).

3.4 Kampen om virkemidlenes gunst

Som de foregående delene av dette notatet har vært inne på har biokull gode forutsetninger for å være et viktig redskap både for å redusere karbonnivået i atmosfæren og gjøre oss bedre i stand til å håndtere klimatiske endringer som følger av global oppvarming. Dette gjør at for eksempel Lal (2010) mener at bønder, og da særlig i mindre utviklede land, bør kompenseres for utføring av "økosystem-tjenester", for eksempel ved nedpløying av biokull. En slik ordning vil være et sterkt incentiv til mer bærekraftig forvaltning av jordressurser, og kan også vurderes i Norge

I Norge er det foreløpig helt åpent hvordan en evt. innføring av biokull som klimatiltak skal finansieres.

I Meld. St. 11 (2016-2017) om landbruket fra den sittende regjeringen heter det at "Regjeringen mener det må legges til grunn at evt. klimatiltak ikke skal medføre økte subsidier." Med andre ord tilsier nåværende politikk at norske bønder ikke vil bli tilgodesett utover dagens ordninger dersom de utfører "økosystem-tjenester". Forøvrig er det viktig å være klar over at biokull er et av mange ulike klimatiltak som er aktuelle for norsk landbruk (og i verden forøvrig). I denne kampen om virkemidlenes gunst vil det være mye lettere å vinne fram med et mer solid kunnskapsgrunnlag, praktiske erfaringer og mer samstemte målsettinger om hvorfor biokull er et godt tiltak og hvordan det kan realiseres. Blant informantene som ble intervjuet for dette notatet var det delte meninger om støtte til biokull burde kobles til eksisterende ordninger (f.eks grøftetilskuddet) eller om det burde innføres en ny karbonkompensasjonsordning for landbruket.

Flere av informantene peker på at forutsetningene for biokull som klimatiltak i Norge likefullt er gode. For det første påpeker flere informanter at det norske systemet med et sentralisert jordbruksoppgjør ('jordbruksavtalen') er godt rigget for raskt å implementere nye policy-tiltak. Det vil si at ved innfasing av eksempelvis biokull som klimatiltak så vil veien fra ord til handling kunne være relativt kort. Informantene i sektoren påpeker videre at logistikk- og distribusjonssystemet som er bygd opp over tid for viktige innsatsfaktorer i landbruket (kraftfor, gjødsel mm.) er en plattform som biokull kan bygge videre på uten

behov for kostnadskrevende investeringer. Videre kan eksisterende utstyr for spredning av eksempelvis kalk eller gjødsel på åker og eng også anvendes for biokull uten særlige behov for tilpasninger.
Derimot vil kostnadene for selve produksjonen (pyrolyseovner) av biokull representere en betydelig barriere. KLIF 2010 foreslår opprettelse av et klimafond for jordbruket, som kan bidra til finansiering av biogass- og bio–kullanlegg i Norge. Også Innovasjon Norge og Enova kan potensielt bidra med investeringsstøtte til biokullanlegg, også med formål om teknologiutvikling.
En strategi for implementering av biokull som klimatiltak i norsk landbruk kan være at det målstyres mot de deler av landbruket som kan tenkes å være eller forventes å komme under særlig press til å redusere karbonavtrykket. I landbrukssektoren er kjøtt- og melkeproduksjon de desidert største utslippskildene; samlet står disse for ca. 90% av klimagassutslipp fra norsk landbruk (Grønlund & Harstad, 2014; van Oort & Andrew, 2016). Forsøk i blant annet Australia viser at å tilsette biokull i dyrefór gir reduserte metanutslipp (Leng, Preston, & Inthapanya, 2012). Man kan også tenke seg at kjøtt- og melkebønder insentiveres til å pløye ned biokull i jord som brukes til gras- og fôrproduksjon.

4 Oppsummering og anbefalinger

Hensikten med dette notatet har vært å 1) belyse muligheter og barrierer for biokull samt 2) vurdere ulike virkemidler som kan bidra til å fremme biokull som klimatiltak i norsk landbruk. Biokull har et betydelig potensiale for å bidra til utslippsreduksjoner og karbonlagring og dermed et mer bærekraftig landbruk. Til tross for at bruk av biokull som jordforbedringsmiddel er svært gammel må biokull regnes som en nisjeteknologi. Teknologien (pyrolyse) er relativt umoden og det finnes få kommersielle løsninger på markedet. Kunnskapen om biokull er generelt sett lav, og det er betydelig usikkerhet forbundet med kostnader. Sertifiseringsordninger mangler og det er uklart om og hvordan biokull kan inngå i et nasjonalt utslippsregnskap. Samtidig er det stor oppmersomhet rundt ulike typer biomasse til ulike formål som eksempelvis bioenergi, noe som kan medføre at det ikke nødvendigvis er mye biomasse tilgjengelig for biokull selv om potensialet teoretisk sett er stort.
Det finnes omfattende forskning på hva som fremmer og hemmer miljøteknologi, men få studier er så langt gjort av biokull. Her er det viktig å påpeke at det finnes ingen universell løsning for å fremme miljøteknologier: hvilke virkemidler eller incentiver som kan fungere eller være viktige vil være teknologi- sektor- og kontekstavhengig. Med bakgrunn i denne studien utledes følgende anbefalinger for å fremme biokull som klimatiltak for norsk landbruk:

- Støtte til utprøving og verifisering av biokull som karbonlagring: selv om en rekke studier har vist at biokull er en egnet måte å lagre karbon over lang tid er det behov for økt kunnskap om biokullets karbonlagringsevne i ulike jordsmonn, tatt i betraktning også ulike typer biomasse som biokull produseres av. Denne kunnskapen vil være viktig for utvikling av sertifiseringsordninger og for at biokull skal kunne inngå i utslippsregnskapet[19] og gis et tilpasset virkemiddel (f.eks støtte til nedpløying).

- Støtte til demonstrasjons- og pilotprosjekter for produksjon av biokull. Ikke minst er det viktig at ulike typer brukere får praktisk kjennskap til og erfaring med bruk av pyrolyseovner såvel som nedpløying av biokull. Også her vil variasjon i biomasse, skala og produksjonsteknologier være viktig, i tillegg til betydelige forskjeller i geografisk kontekst. Videre bør demonstrasjons- og pilotprosjekter med ulike komplementære verdikjeder igangsettes. Dette vil være viktig for økt forståelse av verdiskapingspotensialet for biokull (fra et brukerperspektivt), blant annet bruk av øvrige produkter av pyrolyseprosessen (oljer, gass).

- Informasjons- og kommunikasjonsarbeid vil være viktig for å øke kunnskapsnivået både blant brukere (jordbrukere, skogbrukere) og de som utvikler virkemidler og incentivordninger (politikere, virkemiddelapparat mm.). Demonstrasjons- og pilotprosjekter vil kunne utgjøre svært viktige arenaer for slikt arbeid, ikke minst siden det vil gi forståelse av teknologien i praksis.

[19] Jf. fotnote 5 s. 141 i Meld. St. 11 (2016-2017)

- Etabler nisjemarkeder: miljøkrav i offentlige innkjøp kan bidra til å etablere tidligmarkeder for produsert jord anleggsjord med biokull) og jordbruksprodukter fra 'biokulljord'; her kan man eksempelvis tenke seg at store offentlige innkjøpere (institusjoner mm.) stiller krav om karbonavtrykk.
- Klimafond for landbruket bør vurderes som en måte å tilgjengeliggjøre kapital for investering i f.eks pyrolyseovner eller annet relevant utstyr for å etablere biokullverdikjeder i landbruket. Ca. 90% av klimagassutslipp fra norsk landbruk har opphav i kjøtt- og melkeproduksjon. Man kan se for seg at et slikt klimafond kan fungere godt som et målrettet virkemiddel mot de delene av landbruket som står for brorparten av utslippene. Internasjonale studier tilsier at tilsetting av biokull i fôr kan redusere metanutslipp. Alternativt kan kjøtt- og melkeprodusenter incentiveres til spredning av biokull på arealer som brukes til forproduksjon.
- Se virkemidler i sammenheng: For store deler av landbruket er det neppe hensiktsmessig å fremme biokull kun som klimatiltak. Biokull har en rekke positive jordforbedrende egenskaper som nok vil være vel så viktige – om ikke viktigere – faktorer som brukere (f.eks bønder) legger vekt på.

5 Referanser

Barrow, C. J. (2012). Biochar: Potential for countering land degradation and for improving agriculture. *Applied Geography, 34*, 21-28. doi: https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.09.008

Beise, M., & Rennings, K. (2005). Lead markets and regulation: a framework for analyzing the international diffusion of environmental innovations. *Ecological Economics, 52*(1), 5-17. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.06.007

Clare, A., Barnes, A., McDonagh, J., & Shackley, S. (2014). From rhetoric to reality: farmer perspectives on the economic potential of biochar in China. *International Journal of Agricultural Sustainability, 12*(4), 440-458. doi: 10.1080/14735903.2014.927711

Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitubanuma, V., Alling, V., Breedveld, G., Rutherford, D., Sparrevik, M., Hale, S., Obia, A. & Mulder, J. (2013). Biochar Effect on Maize Yield and Soil Characteristics in Five Conservation Farming Sites in Zambia. *Agronomy* 3(2): 256.Dumbrell, N.P., Kragt, M.E., & Gibson, F.L. (2016). What carbon farming activities are farmers likely to adopt? A best–worst scaling survey. *Land Use Policy, 54*, 29-37. doi: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.002

Grønlund, Arne, & Harstad, Odd Magne. (2014). Klimagasser fra jordbruket. Kunnskapsstatus om utslippskilder og tiltak for å redusere utslippene. Ås: Bioforsk.

KLIF. (2010). *Klimakur 2020 - Sektorrapport jordbruk. Tiltak og virkemidler for reduserte utslipp av klimagasser fra jordbrukssektoren*. (TA-2593/2010). Oslo: Klima- og Forurensingsdirektoratet.

KMD. (2015). *Ny utslippsforpliktelse for 2030 – en felles løsning med EU*. Oslo: Klima- og Miljødepartementet.

Lal, Rr. (2010). Beyond Copenhagen: mitigating climate change and achieving food security through soil carbon sequestration. *Food Security, 2*(2), 169-177. doi: 10.1007/s12571-010-0060-9

Latawiec, A., Królczyk, J., Kuboń, M., Szwedziak, K., Drosik, A., Polańczyk, E., Strassburg, B. (2017). Willingness to Adopt Biochar in Agriculture: The Producer's Perspective. *Sustainability, 9*(4), 655.

Leng, R.A., Preston, T.R., & Inthapanya, S. (2012). Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local "Yellow" cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Livestock Research for Rural Development, 24*.

Markard, J., Raven, R., & Truffer, B. (2012). Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. *Research Policy, 41*(6), 955-967. doi: 10.1016/j.respol.2012.02.013

Meld. St. 6 (2016-2017) Verdier i vekst. Konkurransedyktig skog- og trenæring. Oslo: Landbruks- og matdepartementet.

Meld. St. 11 (2016–2017) Endring og utvikling — En fremtidsrettet jordbruksproduksjon. Oslo: Landbruks- og matdepartementet.

MD. (2015). *Klimatiltak og utslippsbaner mot 2030. Kunnskapsgrunnlag for lavutslippsutvikling*. Trondheim: Miljødirektoratet.

O'Toole, A. (2017). Hvordan kan biokull bidra til økt jordfruktbarhet og karbonlagring? Presentasjon på Oikos fagsamling 31.03.2017.

Otte, P.P., & Brobakk, J. (2016). *Kjennskap til biokull blant norske bønder - surveyresultater fra CAPTURE+*. Norsk senter for bygdeforskning. Biokullseminar 10 oktober 2016, Oslo.

Otte, P.P., & Vik, J. (2017). Biochar systems: Developing a socio-technical system framework for biochar production in Norway. *Technology in Society, 51*, 34-45. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.07.004

Pettersen, I., Grønlund, A., Stengsgård, A.E., & Walland, F. (2017). Klimatiltak i jordbruk og matsektoren. Kostnadsanalyse av fem tiltak. Ås: NIBIO.

Rasse, D.P., Budai, A., O'Toole, A., Ma, X., Rumpel, C., & Abiven, S. (2017). Persistence in soil of Miscanthus biochar in laboratory and field conditions. *PLOS ONE, 12*(9), e0184383. doi: 10.1371/journal.pone.0184383

Rittl, T.F., Arts, B., & Kuyper, T.W. (2015). Biochar: An emerging policy arrangement in Brazil? *Environmental Science & Policy, 51*, 45-55. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2015.03.010

Schmidt, H.P., & Wilson, K. (2014). The 55 uses of biochar. *The Biochar Journal*. www.biochar-journal.org/en/ct/2. Lastet ned 13.19.2017

Søgaard, G., Astrup, R., Fernández, C.A., Dalsgaard, L., Borgen, S., & von Lüpke, N. (2015). Framskrivninger for skog og andre landarealer (LULUCF-sektoren). Ås: Norsk institutt for skog og landskap.

Thomassen, M.K., O'Toole, A., Joner, E., Tschentscher, R., Otte, P., Vik, J., Halvorsen, T. (2017). Utvikling og implementering av biokull som klimatiltak i Norge *Prosjektnotat*. Trondheim: SINTEF.

TU.no. (2017, 8. april 2017). Tørt trevirke inneholder halvparten så mye energi som flytende bensin, men norsk skog får stort sett stå i fred, *Teknisk Ukeblad*. Lastet ned fra https://www.tu.no/artikler/tort-trevirke-inneholder-halvparten-sa-mye-energi-som-flytende-bensin-men-norsk-skog-far-stort-sett-sta-i-fred/379295

Van Laer, T., De Smedt, P., Ronsse, F., Ruysschaert, G., Boeckx, P., Verstraete, W., . . . Lavrysen, L.J. (2015). Legal constraints and opportunities for biochar: a case analysis of EU law. *Global Change Biology Bioenergy, 7*, 14-24. doi: 10.1111/gcbb.12114

van Oort, B., & Andrew, A. (2016). Climate Footpronts of Norwegian Dairy and Meat - a Synthesis. Oslo: CICERO Center for International Climate and Environmental Research.

Woolf, D., Amonette, J.E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J., & Joseph, S. (2010). Sustainable biochar to mitigate global climate change. *Nature Communications, 1*, 1. doi: 10.1038/ncomms1053

Vedlegg A Intervjuguide

- Om bakgrunn for intervjuet.
- Presentasjon av forsker og prosjektet Capture+
    - Biokull som klimaløsning i norsk landbruk?
        - Muligheter og utfordringer
    - Hvilke virkemidler kan muliggjøre denne løsningen?
    - Rammebetingelser?
- Orientering og avklaring
    - Hvordan data vil bli brukt: notat og vitenskapelig publikasjon
    - Oppsummering og sitatsjekk
    - Ønsker om anonymitet?
    - Opptaker (dersom relevant)
- Om informant
    - Utdanning, stilling, bakgrunn/erfaring
    - Avklaring: kjennskap til biokull
- Om organisasjon/virksomhet
    - Bakgrunn
    - Virkeområder, ansvar (policy), evt. marked (produkter, tjenester)
    - Konkret rolle/erfaring ift. biokull?
- Om biokull som klimaløsning
    - Biokull er presentert som en klimaløsning for norsk landbruk – hva tenker du om det?
    - Hva er argumentene for biokull som klimaløsning (gode/dårlige)?
    - Hva må til for at biokull skal kunne fungere som klimaløsning for landbruk i Norge?
    - Vil brukere ha interesse av biokull som klimaløsning? Eller det andre argumenter for å ta i bruk biokull?
    - Hvordan skal man evt. tilrettelegge for bruk av biokull som klimaløsning i Norge?
    - Hva kan være barrierer for å ta i bruk biokull?
        - Teknologi (produksjon, distribusjon, få i jorda)
        - Ressurser (råvare)
        - Distribusjon/logistikk
        - Økonomi (kapitalkrevende?)
        - Kultur/etablert praksis
        - Virkemidler, rammebetingelser
        - Sertifisering
    - Ser du muligheter for at biokull som klimaløsning kan få offentlig støtte?
        - Hvis ja: hvordan?
            - Nye støtteordninger eller bruke etablerte støtteordninger?
            - Hvis etablerte: hvilke?
            - (frivillige) klimakvoter?
            - Andre virkemidler?
        - Hva er fordeler og ulemper ved ulike støtteordninger?
        - Hvis nei: hvorfor?
    - Hvem/hvilke aktører i landbruket kan tenkes å ha stor/liten interesse av biokull?
        - Hvorfor?
        - Hvilke andre aktører (utenfor landbruk) kan ha interesse av biokull?
        - Dersom implementering krever støtteordninger: bør virkemidler skreddersys ulike segmenter i landbruket? (f.eks kornprodusenter vs. kjøttprodusenter)

    - Hva tenker du om skalanivå for bruk av biokull som klimaløsning?
        - Mikro (lite volum, type enkelt gårdsanlegg), mellom (mellomstort volum, flere gårdsanlegg i et område/region), stort (stort volum, mange produksjonsenheter i en region/landsdel)
        - Bør virkemidler for å støtte biokull tilpasses volum/størrelse?
- Andre klimatiltak i landbruket
    - Hvilke sentrale klimatiltak gjennomføres i landbruket i dag?
    - Hvordan stiller biokull opp mot disse?
    - Kan det være synergier mellom biokull og eksisterende/andre klimatiltak
    - Kan biokull konkurrere med andre miljøtiltak i landbruket?



Teknologi for et bedre samfunn
www.sintef.no